

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

## 子計畫十：潛艦覆蓋材水中吸音特性之試驗(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2611-E-002-029-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系暨研究所

計畫主持人：謝傳璋

計畫參與人員：陳理邦，吳江凱

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 26 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

## 子計畫十：潛艦覆蓋材水中吸音特性之試驗(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC 91-2611-E-002-029

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系暨研究所

計畫主持人：謝傳璋

計畫參與人：陳理邦，吳江凱

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 23 日

## 前言

用於空氣中的吸音材，其對聲波的吸音效能，相關研究甚多。然而對水下潛體用作匿縱的覆蓋材及聲納頭的匹配材而言，相關研究的資料取得則非常困難。這些材料的水下聲學特性，會隨水壓及溫度的變化而異。本研究的目的，是擬從實測方面進行：自行設計一可調控水壓及水溫之駐波管，管的一端設置水中發聲器，另一端則覆蓋吸音材，管壁設置兩枚水中麥克風，利用此二麥克風所測得的聲壓，計算管端吸音材的聲波反射係數。實驗結果，將與另一子計畫的理論（採用 Biot 理論進行多孔介質中之波傳分析）計算結果比較。最終目標，是希望能針對某特定聲波頻率，設計出符合特定聲學阻抗要求的三文治複合式的水下吸音覆蓋材。

本計畫分三年進行：

第一年

設計及製作駐波管，實測（利用雙麥克風所測得聲壓之轉換函數原理）及分析吸音材在不同厚度及背基材時之吸音係數。並與另一子計畫之理論驗證。

第二年

於駐波管內加裝可調控靜水壓及水溫之裝置，測量及分析水下吸音材之吸音係數與靜水壓及水溫之關係。並以實驗結果作另一子計畫之理論修正依據。

第三年

測量並分析三文治式複合材在不同水壓及水溫時之吸音係數（實部與虛部）之關係。作為設計特定材料之聲學阻抗之理論依據。

上述實驗之設計條件如下：

水壓：0~50 m (water)

溫度：攝氏 10~30 度

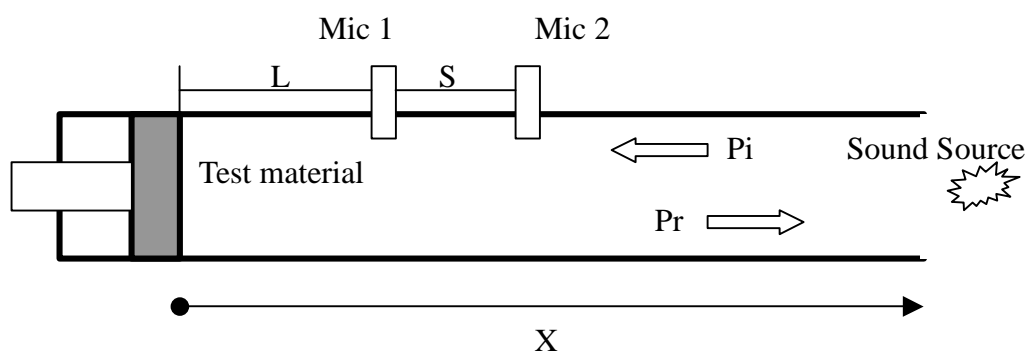
平面聲波頻率：1.0 KHz~10 KHz

## 理論

用駐波管測定吸音材對正向平面波入射時的反射係數，一般有所謂「駐波比」法（Standing-wave-ratio method, SWR）及「轉換函數」（Transfer function method）法兩大類。前者是在駐波管產生一單頻駐波，以管內一枚可移動的麥克風，找出管內聲壓（時間平均值）極大值與極小值所發生的位置，而算出管端吸音材的反射係數。而「轉換函數」法則是在駐波管產生一寬頻漫散（random）駐波，利用固定在駐波管末端適當距離的兩枚麥克風所測得的聲壓瞬時值，作富利葉函數轉換，而算得管端吸音材的反射係數頻譜。對水下材料的吸音係數測定而言。因要顧及管內水壓及水溫的調控，「轉換

函數」法的實驗架構緊密，方法也較快捷。

「轉換函數」法的理論推導，Chung(1)以較嚴緊的統計數學觀點出發，來處理寬頻穩定散漫(broadband stationary random)聲壓。唯此推導頗為繁雜。現以單頻波的觀念，簡述「轉換函數」法的原理：



上圖為一駐波管示意圖，圖左端為待測定之吸音材，右端為一發聲器。管壁放置兩枚相距為  $S$  的同型麥克風，Mic 1 與吸音材表面距離為  $L$ 。若發聲器發出頻率為  $S$  之單頻波，且此頻率小於此駐波管的截斷頻率(cut-off frequency)時，則此時管內左端管段，理論上僅有平面波傳播。令此時的入射波與反射波分別為  $p_i$  及  $p_r$ ，即：

$$p_i \equiv p_i(x, t) = \tilde{p}_i \cdot e^{j(S_t + kx)} \quad (0.1)$$

$$p_r \equiv p_r(x, t) = \tilde{p}_r \cdot e^{j(S_t - kx)} \quad (0.2)$$

其中  $\tilde{p}_i$  及  $\tilde{p}_r$  為複數振幅。

若將與時間  $t$  的調諧部份省略，則管內的合成聲壓可表示為：

$$p \equiv p(x, t) = \tilde{p}_i \cdot e^{ikx} + \tilde{p}_r \cdot e^{-ikx} \quad (0.3)$$

令  $p_1$ ， $p_2$  分別表示第一，第二枚麥克風在  $x_1$ ， $x_2$  位置上所量得的合成聲壓。則

$$\left. \begin{aligned} p_1(t) &= \tilde{p}_i \cdot e^{ikx_1} + \tilde{p}_r \cdot e^{-ikx_1} \\ p_2(t) &= \tilde{p}_i \cdot e^{ikx_2} + \tilde{p}_r \cdot e^{-ikx_2} \end{aligned} \right\} \quad (0.4)$$

管內左端材料的反射係數  $\tilde{R}$  定義為

$$\tilde{R} \equiv \frac{\tilde{p}_r}{\tilde{p}_i} \quad (0.5)$$

則(0.4) 可改寫為：

$$\left. \begin{aligned} p_1(t) &= \tilde{p}_i(e^{ikx_1} + \tilde{R} \cdot e^{-ikx_1})e^{i\check{S}t} \\ p_2(t) &= \tilde{p}_i(e^{ikx_2} + \tilde{R} \cdot e^{-ikx_2})e^{i\check{S}t} \end{aligned} \right\} \quad (0.6)$$

若定義轉換函數  $H_{12}$  為：

$$\tilde{H}_{12} \equiv \frac{F\{p_2(t)\}}{F\{p_1(t)\}} \quad (0.7)$$

其中  $F\{p(t)\} \equiv \int_{-\infty}^{+\infty} p(t)e^{i\check{S}t} dt$  為  $p(t)$  的富利葉轉換。

將 (0.6) 取富利葉轉換，並用 (0.7) 之定義可得：

$$\tilde{H}_{12} \equiv \frac{e^{ikx_2} + \tilde{R} \cdot e^{-ikx_2}}{e^{ikx_1} + \tilde{R} \cdot e^{-ikx_1}} \quad (0.8)$$

改寫 (0.8) 得：

$$\tilde{R} \equiv \frac{\tilde{H}_{12}e^{ikx_1} - e^{ikx_2}}{e^{-ikx_2} - \tilde{H}_{12}e^{-ikx_1}} \quad (0.9)$$

依據示意圖中兩麥克風的相關位置，(0.9) 可改寫為：

$$\tilde{R} = \frac{(\tilde{H}_{12} - e^{-ik_s})}{(e^{ik_s} - \tilde{H}_{12})} e^{j2k(L+s)} \quad (0.10)$$

(0.10) 可知，若能量得  $p_1(t)$  及  $p_2(t)$ ，則可由(1.7)算得  $H_{12}$ ，再由(0.10)

算得材料之反射係數  $\tilde{R}$ 。

若管右端之發聲源為寬頻穩定散漫聲壓，則此法所得之反射係數為

$\tilde{R}(\check{S})$ ，即反射係數頻譜。

## 駐波管設計

本研究需自行設計駐波管，設計規範是依照 ASTM E-1050-98 之準則其要點如下：

- (1) 實驗時之工作頻率範圍若設定為 1.0kHz~8.0kHz。
- (2) 為使在上述工作頻率內，管內之聲波保持為平面波形態，圖管之管徑  $d$  應滿足下式：

$$d < kc/f_u$$

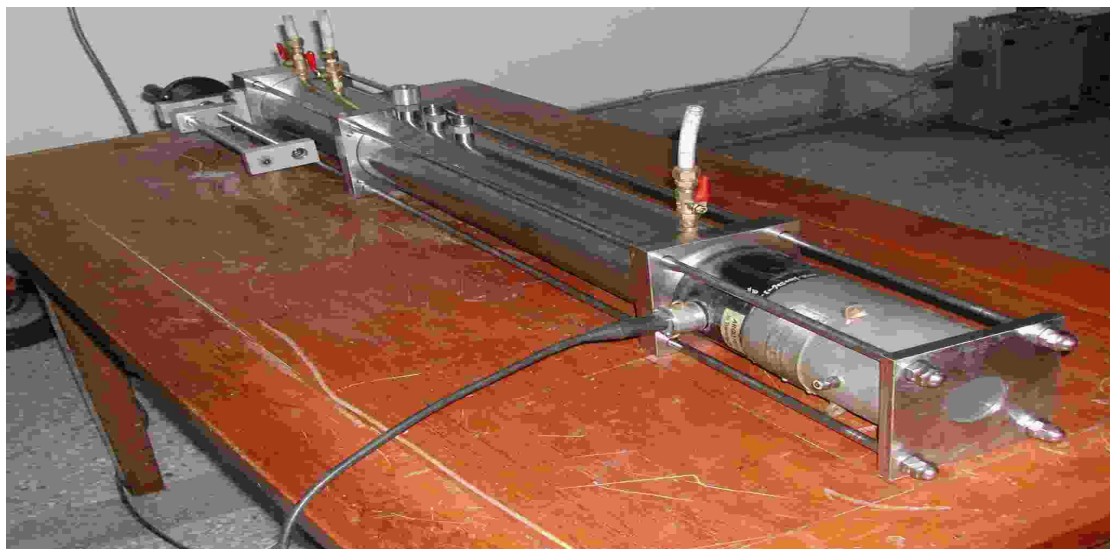
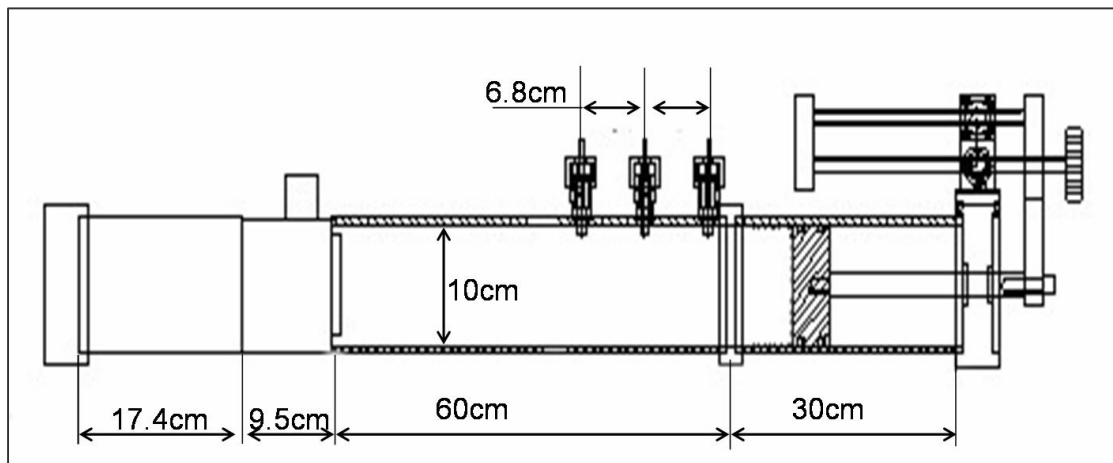
其中  $f_u = 8.0\text{kHz}$ ;  $c = 1500\text{m/s}$ ;  $k = 0.586$ ，可算得  $d = 10\text{cm}$

- (3) 兩聽聲器之距離  $S$  應滿足下式：

$$S < c / 2 f_u \times 80\%$$

可算得  $S = 6.8\text{cm}$

- (4) 管內之訊噪比  $s/n$  ratio  $> 10\text{dB}$   
(5) 聲源與最近的麥克風距離須大於管徑的 3 倍。



駐波管設計尺寸及其成品外形圖

## 實驗儀器及配置

本實驗所採用之儀器之規格及配置如下：

音鼓：ATI J9 x1

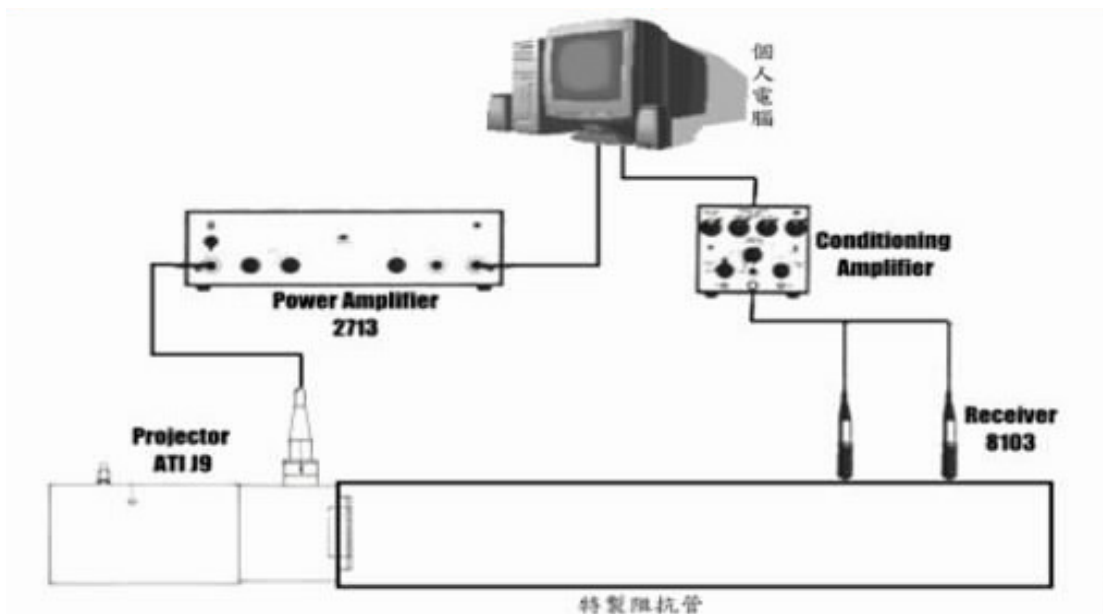
功率放大器：B&K 2735

水下麥克風：B&K 8103 x2

麥克風放大器：B&K

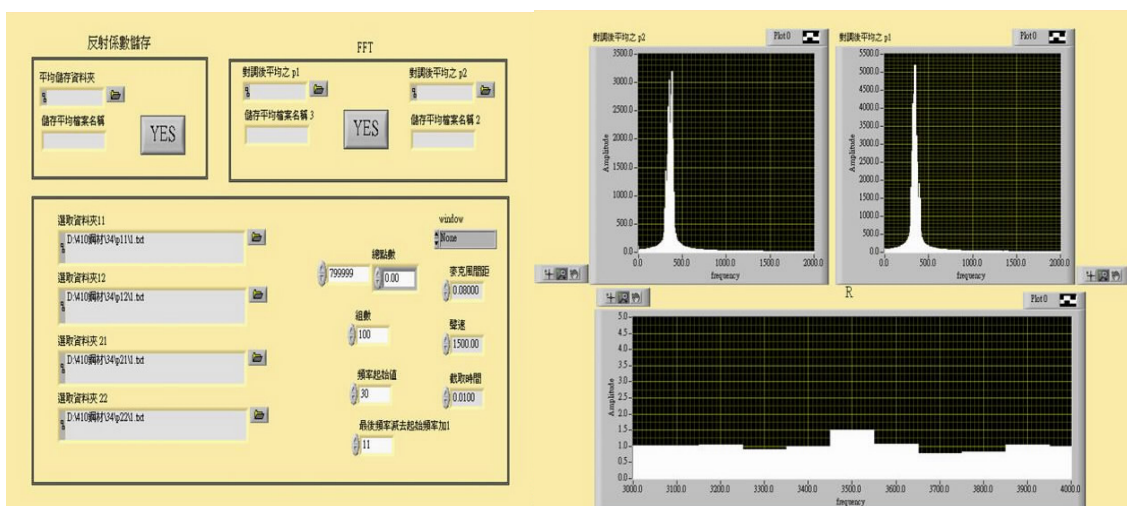
訊號截取卡：Lab-View PCI-6110

個人電腦



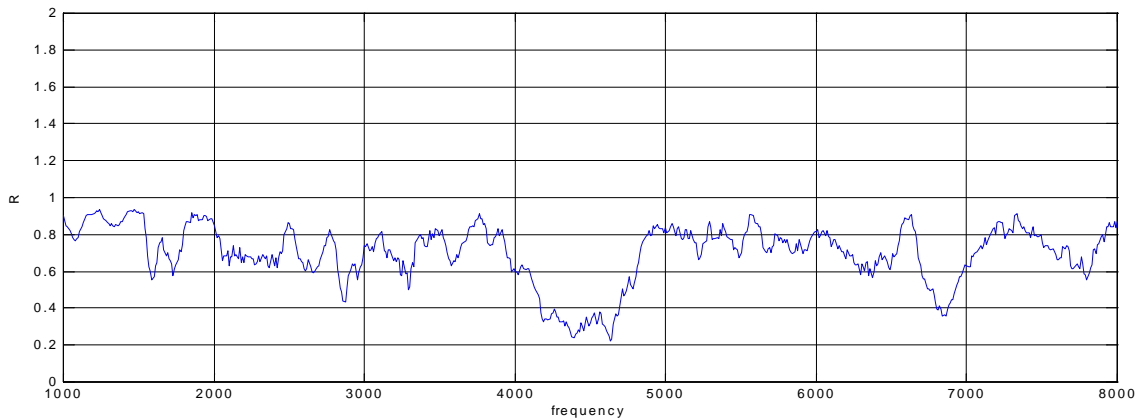
實驗儀器配置圖

其中 Lab-View 之分析程式之人機介面如下

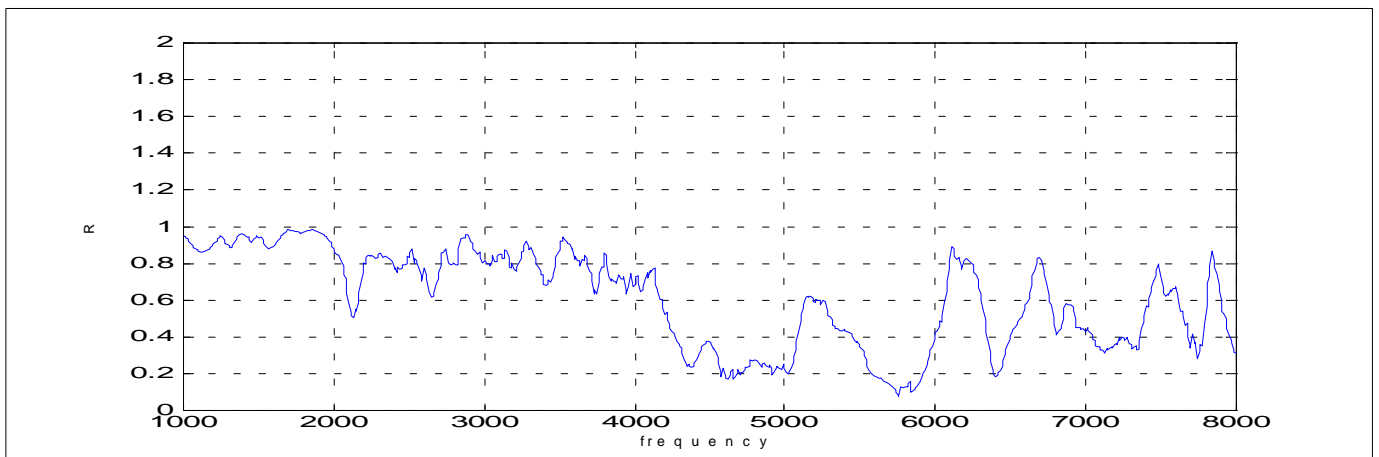


## 實驗結果

目前完成之測試材料為：(1) 鋼材(厚：4.4cm)，(2) 橡膠吸音材。測試結果，此兩種材料之吸音係數大小如圖：



鋼材(厚：4.4cm)之吸音係數



橡膠吸音材之吸音係數

## 目前工作進度

目前已完成之工作包括：理論推導、駐波管設計製作、實驗儀器安裝、數據處理程式、校正與標準測試、吸音材料測試。已完成工作進度約為 85%。